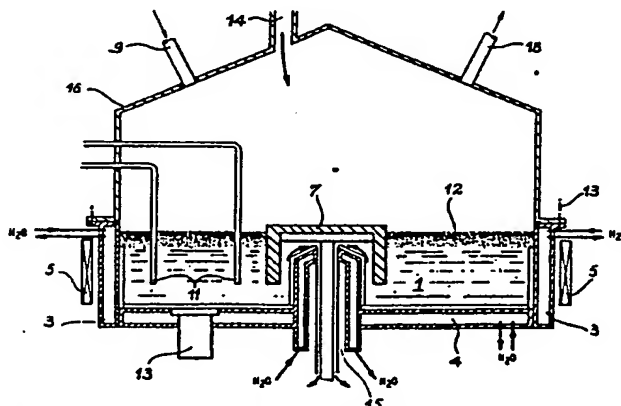


## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

|  |           |   |
|--|-----------|---|
| <b>(51) Classification internationale des brevets <sup>5</sup> :</b><br><br><b>C03B 5/02, 5/12, 5/26</b>   | <b>A1</b> | <b>(11) Numéro de publication internationale:</b> <b>WO 92/15531</b><br><br><b>(43) Date de publication internationale:</b> 17 septembre 1992 (17.09.92)  |
| <b>(21) Numéro de la demande internationale:</b> PCT/FR92/00199<br><b>(22) Date de dépôt international:</b> 4 mars 1992 (04.03.92)<br><b>(30) Données relatives à la priorité:</b><br>91/02596 5 mars 1991 (05.03.91) <b>FR</b><br><b>(71) Déposants (pour tous les Etats désignés sauf US):</b> COMMIS-<br>SARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE (FR/FR); 31-33,<br>rue de la Fédération, F-75015 Paris (FR). CFEI COM-<br>PAGNIE FRANÇAISE D'ELECTROCHIMIE IN-<br>DUSTRIELLE (FR/FR); 20, avenue de Grenoble, F-<br>38170 Seyssinet (FR).<br><b>(72) Inventeurs; et</b><br><b>(75) Inventeurs/Déposants (US seulement) :</b> BOEN, Roger (FR/<br>FR); Quartier les Cazelles, F-30130 St. Alexandre (FR).<br>LADIRAT, Christian (FR/FR); Chemin de la Coste de<br>l'Evesque, F-30126 St. Laurent des Arbres (FR). GNIL-<br>KA, Jean-Pierre (FR/FR); Chemin de l'EDF - N°8 le<br>Rascas, F-30200 Venejean (FR). PILLIOL, Henri (FR/<br>FR); 4, impasse Lange, F-84000 Avignon (FR).  |           | <b>(74) Mandataire:</b> BREVATOME; 25, rue de Ponthieu, F-75008<br>Paris (FR).<br><br><b>(81) Etats désignés:</b> AT (brevet européen), BE (brevet euro-<br>péen), CH (brevet européen), DE (brevet européen), DK<br>(brevet européen), ES (brevet européen), FR (brevet<br>européen), GB (brevet européen), GR (brevet européen),<br>IT (brevet européen), JP, LU (brevet européen), MC<br>(brevet européen), NL (brevet européen), SE (brevet<br>européen), US.<br><br><b>Publiée</b><br><i>Avec rapport de recherche internationale.</i><br><i>Avant l'expiration du délai prévu pour la modification des</i><br><i>revendications, sera republiée si de telles modifications sont</i><br><i>reçues.</i> |
| <b>(54) Title:</b> A CONTINUOUS MELTING FURNACE FOR OXIDE MIXTURES USING DIRECT HIGH FREQUENCY<br>INDUCTION AND HAVING VERY SHORT REFINING TIMES AND LOW POWER CONSUMPTION<br><b>(54) Titre:</b> FOUR DE FUSION EN CONTINU DE MELANGES D'OXYDES PAR INDUCTION DIRECTE A HAUTE<br>FREQUENCE A TEMPS D'AFFINAGE TRES COURT ET A FAIBLE CONSOMMATION EN ENERGIE   |           |   |
| <b>(57) Abstract</b><br><p>A continuous melting furnace for oxide mixtures using direct high frequency induction and having very short refining times and low power consumption comprises an inlet (14) and an outlet duct (15) for continuous flow of oxides in a metal crucible with cold walls (3), heated by a high frequency coil (5). The height of the oxide bath is between 2 cm and 20 % of the metal crucible diameter, and the bottom (4) of the furnace is both transparent to the magnetic induction field and adequately cooled for a solid protective crust to be formed and maintained at the bottom of the crucible.</p> <p><b>(57) Abrégé</b></p> <p>Four à fusion en continu de mélanges d'oxydes par induction directe à haute fréquence à temps d'affinage très court et à faible consommation en énergie, comprenant une entrée (14) et une buse de sortie (15) des oxydes en continu dans un creuset métallique à parois froides (3) chauffé par une bobine à haute fréquence (5), caractérisé en ce que la hauteur du bain d'oxydes est comprise entre 2 cm et 20 % du diamètre du creuset métallique et en ce que la sole (4) du four est à la fois transparente au champ magnétique inducteur et suffisamment refroidie pour assurer la formation et le maintien d'une croûte solide protectrice au fond du creuset.</p> |           |   |



# **UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

|    |                           |    |   |    |                       |
|----|---------------------------|----|---|----|-----------------------|
| AT | Autriche                  | FI | Finlande                                      | ML | Mali                  |
| AU | Australie                 | FR | France  | MN | Mongolie              |
| BB | Barbade                   | GA | Gabon   | MR | Mauritanie            |
| BE | Belgique                  | GB | Royaume-Uni                                   | MW | Malawi                |
| BF | Burkina Faso              | GN | Guinée  | NL | Pays-Bas              |
| BG | Bulgarie                  | GR | Grèce   | NO | Norvège               |
| BJ | Bénin                     | HU | Hongrie                                       | PL | Pologne               |
| BR | Brésil                    | IE | Irlande                                       | RO | Roumanie              |
| CA | Canada                    | IT | Italie  | RU | Fédération de Russie  |
| CF | République Centrafricaine | JP | Japon   | SD | Soudan                |
| CG | Congo                     | KP | République populaire démocratique<br>de Corée | SE | Suède                 |
| CH | Suisse                    | KR | République de Corée                           | SN | Sénégal               |
| CI | Côte d'Ivoire             | LI | Liechtenstein                                 | SU | Union soviétique      |
| CM | Cameroon                  | LK | Sri Lanka                                     | TD | Tchad                 |
| CS | Tchécoslovaquie           | LU | Luxembourg                                    | TC | Togo                  |
| DE | Allemagne                 | MC | Monaco  | US | Etats-Unis d'Amérique |
| DK | Danemark                  | MG | Madagascar                                    |    |                       |
| ES | Espagne                   |    |   |    |                       |

*Miscro*  
FOUR DE FUSION EN CONTINU DE MELANGES D'OXYDES  
PAR INDUCTION DIRECTE A HAUTE FREQUENCE  
*détermination* *heure*  
A TEMPS D'AFFINAGE TRES COURT ET A FAIBLE  
CONSOMMATION EN ENERGIE

La présente invention se rapporte d'une manière générale à la production en continu d'oxydes fondus dans un four de fusion chauffé par induction directe à haute fréquence et comportant à son sommet une entrée pour la distribution continue des oxydes à fondre et à sa partie inférieure une buse de sortie pour les produits fondus.

De façon plus précise encore, la présente invention se rapporte à un tel four de fusion par induction directe du type à creuset froid, c'est-à-dire dont les parois latérales sont refroidies et comportent de ce fait une croûte protectrice solide de l'oxyde à fondre.

Dans la plupart des applications envisagées jusqu'à ce jour, pour de tels fours, les matériaux à base d'oxydes tels que par exemple verres colorants, vitro-céramiques, cristal, etc. que l'on préparait, devaient subir un affinage prolongé, c'est-à-dire en fin de compte être soumis à un temps de séjour important dans le four. Cette nécessité ainsi que la conception des fours de l'état de la technique conduit à des consommations spécifiques d'énergie électrique qui sont incompatibles avec la production d'oxydes fondus à affinage réduit tels qu'on les utilise dans des applications où le degré d'affinage n'est pas déterminant tel que par exemple le domaine des émaux employés pour le matériel électroménager, ou de la vitrification des déchets.

On commencera par conséquent par rappeler la conception actuelle des fours à induction directe

en creuset froid en expliquant leurs caractéristiques, les raisons de leur taux de consommation électrique élevé, et par conséquent, leur inappropriation à l'élaboration de verres à affinage réduit tels qu'on  
5 vient de les définir ci-dessus.

Les fours à induction directe actuellement en service dans l'industrie ont une forme géométrique telle que le bain d'oxydes fondus ait une hauteur à peu près égale à son diamètre. Cette forme a été  
10 choisie pour trois raisons essentielles :

- d'abord elle permet d'assurer un bon <sup>rendement</sup> ~~rendement~~ électrique de transfert de la puissance entre les bobines inductrices et le matériau fondu, car les fours dont la hauteur de bain est faible sont  
15 réputés avoir un rendement réduit ;

- ensuite, une hauteur importante de produit fondu assure à ceux-ci un temps de séjour également élevé (de l'ordre d'une dizaine d'heures) dans le four et permet par conséquent un affinage poussé qui  
20 conduit à l'élimination des bulles éventuelles et à l'homogénéisation chimique et thermique de l'ensemble de la phase liquide ;

- enfin, la troisième raison d'être de ce choix dimensionnel découle des problèmes dus à la  
25 sole du four lorsque, pour permettre son refroidissement, elle est métallique et constitue alors un écran très gênant pour la pénétration au sein du bain fondu du champ électromagnétique de chauffage de ce bain. En effet, dans le cas où la  
30 sole est réfractaire, c'est-à-dire isolante électriquement, la majorité de la puissance électromagnétique émise par l'inducteur est dissipée dans la zone de pénétration des courants induits qui concernent la majeure partie de la masse du bain.  
35 En revanche, si la sole est en métal refroidi par

l'eau et ceci est un cas extrêmement fréquent, elle constitue un écran au champ magnétique et, en déformant les lignes de champ, crée, comme on peut le voir sur la figure 1 qui décrit cet art connu, une zone 2 dans laquelle le chauffage du bain est réduit. Sur cette figure 1, un four 1 comporte un creuset froid 3, un inducteur 5 et une sole métallique 4. Les courbes 6 et 8 montrent les domaines 10 de pénétration des courants induits dans le bain. Dans la zone annulaire 2, à la partie inférieure du bain surmontant directement la sole métallique refroidie 4, se produit une restriction considérable du chauffage du bain par les courants induits. Dans ces conditions, on conçoit très bien qu'une augmentation de la hauteur du bain diminue l'importance du phénomène en valeur relative par rapport à l'ensemble de ce bain.

Malheureusement, l'extension ainsi donnée à la hauteur du four qui conditionne corrélativement celle de sa surface latérale, conduit dans les fours à paroi froide à des <sup>Verluste</sup> pertes thermiques au travers des parois verticales du four qui sont très élevées avec une densité de flux par exemple de l'ordre de 15 à 40 W/cm<sup>2</sup> selon la température de fusion du mélange et ses caractéristiques physiques. Les <sup>Verluste</sup> pertes <sup>schwächer</sup> au travers de la sole du four sont toutefois plus faibles et correspondent en général à des densités de flux qui se situent à des valeurs comprises entre 5 et 15 W/cm<sup>2</sup>. L'ensemble de ces pertes thermiques conduit à des consommations électriques spécifiques très élevées, qui sont supérieures souvent à 5 kWh/kg de produit fondu.

A titre d'exemple, un four de 50 cm de diamètre, dont la hauteur de bain fondu est égale à 50 cm peut élaborer 30 kg/h d'un verre à 1300°C. La densité du flux thermique vers les parois verticales

thermique de 236 kW ; la densité de flux thermique vers la sole est égale à  $10 \text{ W/cm}^2$ , ce qui conduit à une perte thermique de 20 kWh. Il faut 0,5 kWh pour fondre 1 kg de verre et le rendement électrique du four est égal à 80%, ce qui conduit à une consommation énergétique égale à 11,29 kWh/kg.

Ces chiffres sont <sup>raisonnables</sup> réductifs pour des applications industrielles courantes ne nécessitant que la préparation de produits à faible affinage.

10 La présente invention a précisément pour objet un four à fusion en continu de mélanges d'oxydes par induction directe qui permet d'obtenir avec un temps d'affinage très court et une consommation d'énergie électrique très inférieure à celle des fours connus  
15 jusqu'à ce jour, des produits présentant néanmoins un grand intérêt pour certains domaines industriels.

Ce four à fusion en continu de mélanges d'oxydes par induction directe à haute fréquence à temps d'affinage très court et à faible consommation  
20 en énergie, comprenant une entrée et une buse de sortie des oxydes en continu dans un creuset métallique à parois froides chauffé par une bobine à haute fréquence, se caractérise en ce que la hauteur du bain d'oxydes est comprise entre 2 cm et 20% du  
25 diamètre du creuset métallique et en ce que la sole du four est à la fois transparente au champ magnétique inducteur et suffisamment refroidie pour assurer la formation et le maintien d'une croûte solide protectrice au fond du creuset.

30 Comme on le voit, l'invention résulte de la combinaison de deux moyens dont les effets se combinent pour parvenir au résultat énergétique recherché. Le premier moyen est une diminution de la hauteur du bain d'oxydes <sup>en l'absence</sup> par rapport au diamètre du creuset et  
35 le deuxième moyen est une constitution particulière

de la sole du four qui lui permet d'être à la fois suffisamment transparente au champ magnétique pour assurer une bonne pénétration des lignes de champ et par conséquent des courants induits de chauffage du bain dans ce dernier et le maintien par refroidissement d'une croûte solide protectrice au fond du creuset.

En effet, on sait que dans les fours de fusion par induction directe dans un creuset froid, la fusion s'effectue pratiquement à la surface du bain fondu sur une épaisseur de l'ordre de 1 cm et que le temps nécessaire pour l'affinage est beaucoup plus court que dans un four classique à creuset chaud. Cette constatation, rapprochée de l'inconvénient des pertes thermiques importantes lorsque les parois verticales du four sont élevées a donc conduit à la conception d'un four très plat dont les parois verticales ont une dimension réduite, ce qui diminue ainsi fortement la surface de contact entre le bain fondu et cette paroi verticale.

Comme par ailleurs, une telle diminution certes très utile des pertes thermiques ne présente d'intérêt que si elle s'accompagne d'un maintien du bon rendement électrique du chauffage de ce four, cette dernière considération imposait de ne pas utiliser une sole métallique massive refroidie qui, comme on l'a expliqué en se référant à la figure 1, constitue un écran trop important à la pénétration du champ électro-magnétique au-dessus de la sole dans la majorité du volume du bain. C'est la raison pour laquelle, le four objet de l'invention comporte une sole à la fois transparente au champ magnétique inducteur et suffisamment refroidie pour maintenir une croûte solide de protection au fond du creuset, empêchant l'attaque de la sole par le bain fondu généralement très corrosif.

A cet effet et conformément à une caractéristique importante de l'invention, la sole se compose d'inserts métalliques indépendants, noyés dans un matériau réfractaire, chacun des inserts métalliques précédents étant constitué d'une portion de tube comprenant une entrée et une sortie pour la circulation d'un liquide de refroidissement.

Dans une sole de cette nature de composition mixte, c'est le matériau réfractaire qui sert de passage aux lignes du champ magnétique vers le bain et ce sont les inserts métalliques indépendants et répartis de façon discrète dans le réfractaire qui servent à maintenir pour l'ensemble de la sole, une température suffisamment basse permettant la formation d'une croûte. A cet effet, chacun des inserts métalliques constitué d'une portion tubulaire indépendante comporte une entrée et une sortie pour la circulation du liquide de refroidissement, le plus souvent d'ailleurs de l'eau.

Enfin, selon un mode de mise en oeuvre très répandu de l'invention, la sole a la forme d'une plaque circulaire dans laquelle les inserts métalliques sont répartis selon une série de couronnes concentriques comportant chacune plusieurs inserts courbes séparés les uns des autres par le matériau réfractaire.

De toute façon, l'invention sera mieux comprise en se référant à la description qui suit d'un exemple de mise en oeuvre du four à induction, exemple qui sera décrit en se référant aux figures 2 et 3, sur lesquelles :

- la figure 2 est une vue en coupe très schématique d'un four, objet de l'invention ;

- la figure 3 représente en élévation 3a et en coupe 3b selon XX de la figure 3a, un mode de mise en oeuvre avantageux de la sole du four de la figure

Pour concrétiser l'exposé précédent, on précisera que si l'on se contentait de diminuer la hauteur d'un four classique tel que celui représenté sur la figure 1 et lui donner par exemple la hauteur h indiquée sur cette figure, les <sup>Bâs</sup> courbes 6 et 8 délimitant la zone de pénétration des courants induits dans le bain fondu resteraient identiques et l'on ne chaufferait plus à ce moment là que les seules zones 2a indiquées latéralement sur cette figure 1 et qui ne représentent, à l'évidence, qu'une toute petite partie du volume du bain. C'est dire que si l'on n'associe pas à la diminution de hauteur du four une sole permettant le passage du flux magnétique, il devient complètement impossible et illusoire de fondre l'ensemble de la masse d'oxydes déposée dans ce four.

La figure 2 représente le schéma général d'un four à induction conforme à l'invention.

Dans l'exemple de la figure 2, le four de capacité 30 kg/h est construit autour d'un creuset métallique sectorisé, refroidi par une circulation d'eau et de diamètre 50 cm. Le métal constitutif du creuset est choisi en fonction de sa capacité à résister aux vapeurs corrosives dégagées par le produit fondu (par exemple en acier inoxydable si le produit fondu dégage des vapeurs nitreuses).

Le creuset froid 3 est entouré d'un inducteur 5 alimenté en courant alternatif haute fréquence de 10 à 100 kHz). Si le produit figé sur la paroi froide est suffisamment isolant on peut faire jouer à l'inducteur, si possible monospire, le rôle de creuset en supprimant le creuset sectorisé.

Le bain fondu 1 repose sur une sole refroidie 4 qui sera décrite plus loin en se référant à la figure 3. Selon l'invention, la hauteur du bain fondu est

inférieure à 20% du diamètre du four, pour limiter les pertes thermiques ; cette hauteur doit être suffisante pour permettre une fusion stable, c'est-à-dire être supérieure à environ 2 cm. Dans  
5 l'exemple non limitatif de la figure 1, elle est égale à 8 cm.

Le bain fondu est recouvert en permanence d'une couche 12 de mélange non fondu de produit de base. Ce mélange fond dans le bas de la couche 12  
10 au contact du produit fondu, le haut de la couche restant quasiment froid, et piégeant la majorité des éléments volatils qui s'échappent du bain fondu 1. Une alimentation continue et dosée 14 en produit à  
15 fondre permet de maintenir constante l'épaisseur de cette couche 12 lorsque sa partie inférieure fond et se mélange au produit fondu.

La température du bain est mesurée en permanence par un ou plusieurs thermocouples 11. Cette température peut être réglée en permanence en agissant  
20 sur le courant circulant dans l'inducteur 5.

Un système de débordement du produit fondu par la buse de sortie 15 permet de maintenir constant le niveau du bain fondu. Cette buse 15 peut être  
25 constituée d'un tube métallique ou réfractaire chaud traversant la sole froide, ou bien, comme représenté en 15, d'un tube métallique refroidi de forme choisie pour éviter l'accrochage et la solidification du produit fondu sur les parois internes du tube.

Une cloche 7 en réfractaire ou en métal, refroidie ou non, empêche le produit non fondu d'être  
30 entraîné dans la buse, et permet de prélever le produit fondu sous le niveau de la surface de façon à garantir un temps de séjour minimal de ce dernier dans le creuset.

Une enceinte 16 placée au-dessus du four permet de fondre en atmosphère confinée et de limiter le débit de gaz à dépolluer. Une entrée d'air à débit contrôlé 9 facilite l'entraînement des polluants par le tuyau 18 vers un poste de traitement des gaz, et évite l'accumulation de produits condensables sur les parois du creuset froid.

Le four est conçu de façon à permettre un arrêt, un nettoyage et un redémarrage très rapides pour pouvoir changer de produit à fondre sans pollution du nouveau produit par l'ancien. La sole est donc équipée d'une buse de vidange totale 13 réfractaire ou bien métallique (refroidie ou non) qui permet de vider entièrement le four. Lorsque la vidange du bain fondu est terminée on arrête le chauffage en interrompant le courant circulant dans l'inducteur. Il reste alors une mince couche de verre figé contre les parois du creuset et de la sole ; cette couche n'est pas adhérente. Le creuset froid est soulevé grâce à un système de préhension 13 et la couche de verre restante est enlevée. On peut donner une légère conicité au creuset pour faciliter cette opération. Le démarrage de la fusion est effectué à l'aide de diverses méthodes connues adaptées au produit à fondre :

- sucepteur soluble plongé dans le verre et chauffé par l'inducteur entourant le creuset ;
- sucepteur insoluble plongé dans le verre, chauffé par l'inducteur entourant le creuset, et retiré du verre à la fin de l'opération de démarrage ;
- sucepteur rayonnant, placé au-dessus du verre et chauffé par l'inducteur entourant le creuset ;
- voûte rayonnante ;
- brûleur à gaz.

En se référant maintenant aux figures 3 et 3b, on va décrire l'un des modes de réalisation préférentiels de la sole composite constituant le four à induction objet de l'invention.

5 Sur ces figures, on reconnaît la paroi froide 3 du four, la buse de sortie 15, qui dans cet exemple, est centrale et la sole 4 qui ferme le creuset à sa partie inférieure. Conformément à l'invention, cette sole 4 est composée d'un matériau réfractaire 20 dans  
10 lequel sont noyés des inserts ou tubes métalliques 22 rangés concentriquement dans le réfractaire 20 selon des couronnes concentriques. Chacun des inserts tels que 22 comporte une entrée et une sortie de liquide de refroidissement dirigées vers l'extérieur  
15 de la sole. Plusieurs de ces conduits d'entrée et de sortie 22 prévus pour la circulation du liquide de refroidissement ont été dessinés schématiquement en 24 sur les figures 3a et 3b.

Comme on l'a expliqué précédemment, ce sont  
20 les zones réfractaires 20 qui, en permettant une pénétration régulière du champ magnétique produit par l'inducteur 2, permettent un trajet des lignes de force tel que représenté en pointillé sur cette figure et par conséquent le chauffage d'une partie  
25 importante de la masse d'oxyde 1. Sur la figure 3a on voit une croûte solide 26 dont l'épaisseur est plus importante au-dessus de chacun des inserts métalliques 22 et qui protège le fond de la sole 4 de la corrosion des oxydes du bain fondu 1.

30 Bien entendu, l'exemple qui a été décrit ici ne l'est qu'à titre limitatif et notamment la forme, le nombre et la répartition des inserts métalliques 22 au sein de la masse réfractaire 20 sont entièrement laissés au choix de l'homme de métier qui sera dans  
35 chaque cas, à même de choisir la structure qu'il

souhaite en fonction des objectifs recherchés. Ceci est d'ailleurs également valable pour l'emplacement de la buse 15 de déversement des oxydes fondus vers l'extérieur que l'on a représentée ici au centre du creuset mais qui pourrait aussi bien en cas de

5 nécessité être décentrée sur le côté de celui-ci.

L'espace 28 de réfractaire 20 entre deux couronnes concentriques adjacentes est un compromis entre une bonne transparence au champ (espace large)

10 et un refroidissement suffisant du réfractaire (espace étroit) pour éviter que le verre fondu ne vienne au contact du réfractaire et le corrode (en général un espace de l'ordre de 1 à 2 cm représente un bon compromis).

L'espace 30 de réfractaire 20 entre deux inserts adjacents d'une même couronne est un compromis entre un refroidissement suffisant du réfractaire (espace étroit) et une bonne isolation électrique entre deux secteurs adjacents (espace large); le

15 potentiel électrique entre deux secteurs adjacents croît avec la tension aux bornes de l'inducteur et décroît avec le nombre d'inserts par couronne (à titre d'exemple pour une tension de 1000 V aux bornes de

20 l'inducteur et 10 inserts par couronne un espace de 1 à 2 cm est suffisant).

25

A titre d'exemple, dans ce four de 50 cm de diamètre, la hauteur du bain fondu est égale à 8 cm, la capacité de fusion est égale à 30 kg/h, la perte thermique vers les parois latérales est égale à 38 kW

30 pour une densité de flux de  $30 \text{ W/cm}^2$ , la perte thermique vers le fond est égale à 20 kW pour une densité de flux de  $10 \text{ W/cm}^2$ . La sole que nous proposons permet de conserver un rendement électrique de 80%, ce qui conduit à une consommation d'énergie spécifique

35 égale à 3 kWh/kg.

En conclusion, le four selon l'invention permet d'élaborer des produits à affinage réduit avec une consommation spécifique faible et un coût d'investissement faible, car le creuset moins haut  
5 est plus facile à construire, et le générateur HF de faible puissance. Cette technique permet également de faire jouer à l'inducteur le rôle de creuset si les caractéristiques du produit fondu le permettent.

10

15

20

25

30

35

## REVENDICATIONS

1. Four à fusion en continu de mélanges d'oxydes par induction directe à haute fréquence à temps d'affinage très court et à faible consommation en énergie, comprenant une entrée (14) et une buse de sortie (15) des oxydes en continu dans un creuset métallique à parois froides (3) chauffé par une bobine à haute fréquence (5), caractérisé en ce que la hauteur du bain d'oxydes est comprise entre 2 cm et 20% du diamètre du creuset métallique et en ce que la sole (4) du four est à la fois transparente au champ magnétique inducteur et suffisamment refroidie pour assurer la formation et le maintien d'une croûte solide protectrice au fond du creuset.
2. Four à fusion en continu selon la revendication 1, caractérisé en ce que la sole (4) se compose d'inserts métalliques indépendants (22) noyés dans un matériau réfractaire (20), chacun des inserts métalliques précédents étant constitué d'une portion de tube comprenant une entrée et une sortie (24) pour la circulation d'un liquide de refroidissement.
3. Four à fusion en continu selon la revendication 2, caractérisé en ce que la sole (4) a la forme d'une plaque circulaire dans laquelle les inserts métalliques (22) sont répartis selon une série de couronnes concentriques comportant chacune plusieurs inserts courbes séparés les uns des autres par le matériau réfractaire (20).
4. Four de fusion selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la sole (4) du creuset est équipée d'une buse (15) de vidange rapide et totale.
5. Four de fusion selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que

14

l'atmosphère située au-dessus du four est confinée dans une enceinte (16) parcourue par un débit contrôlé de gaz de balayage.

5

10

15

20

25

30

35

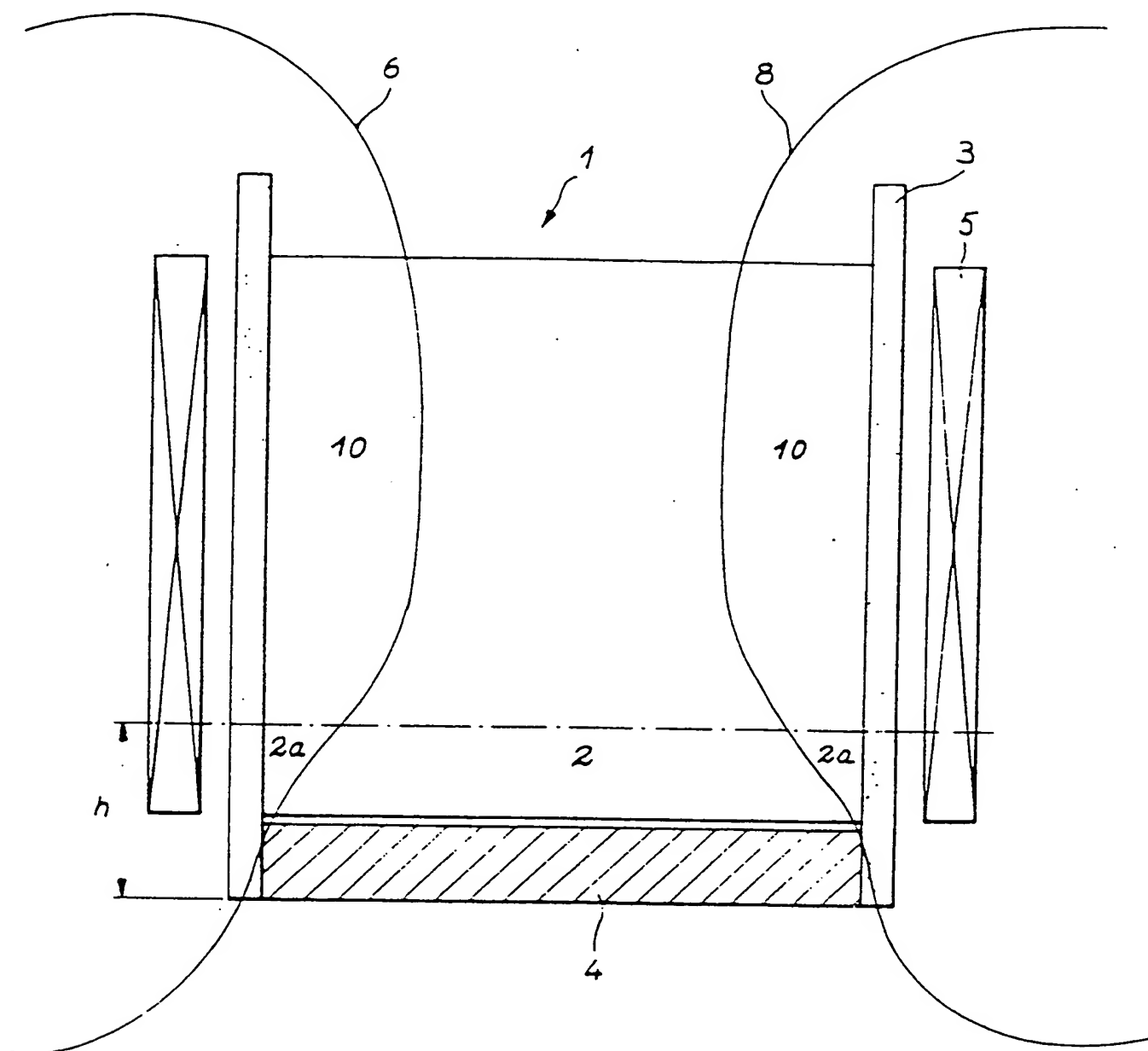
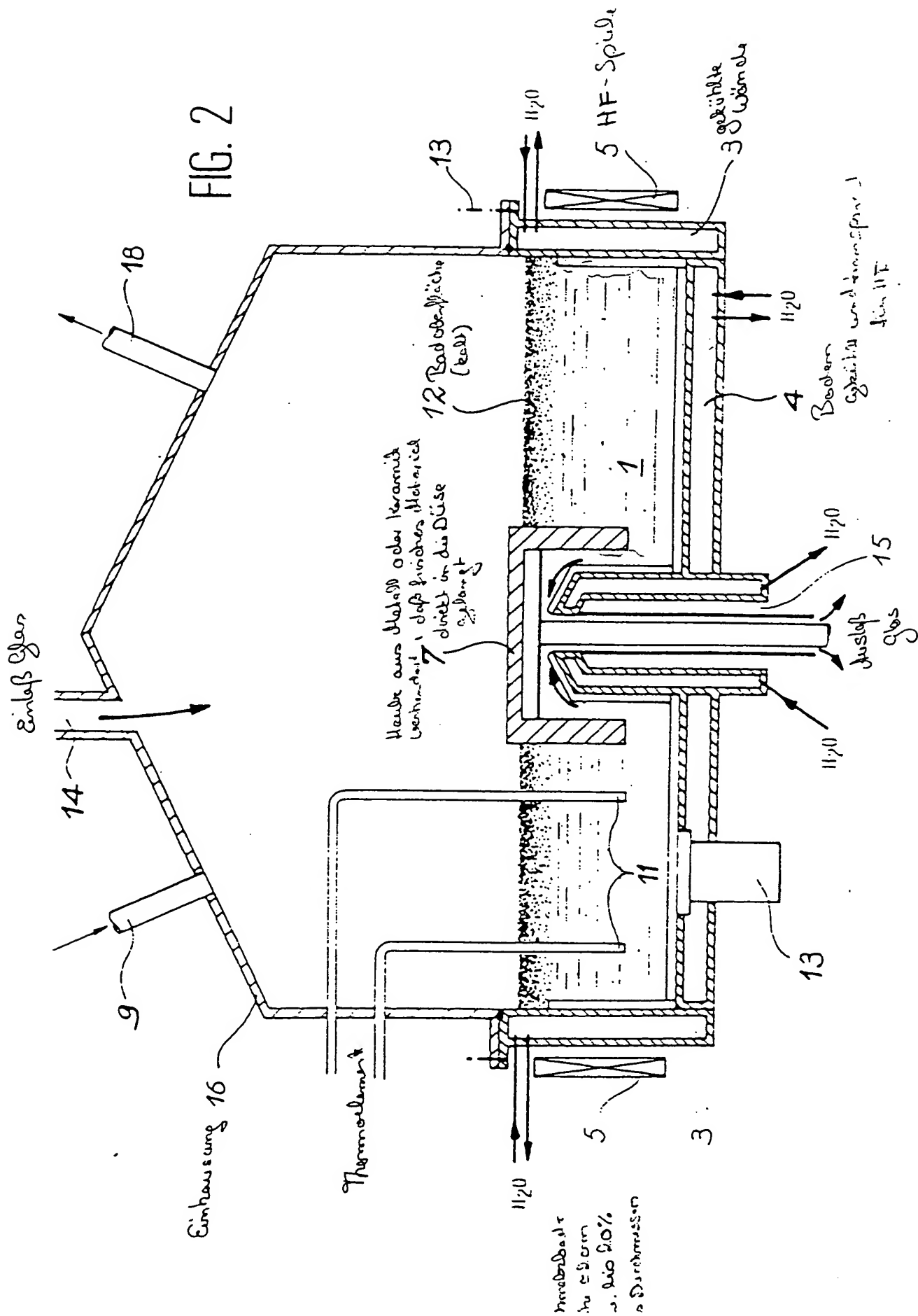
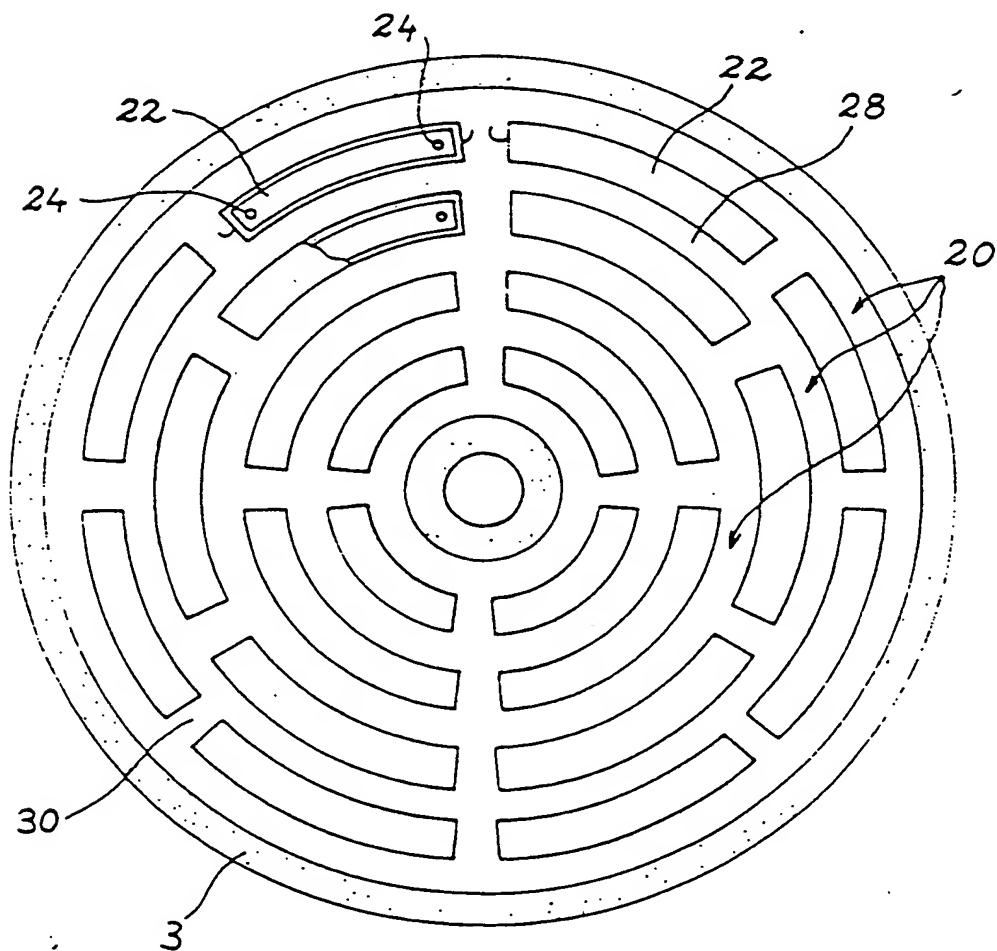
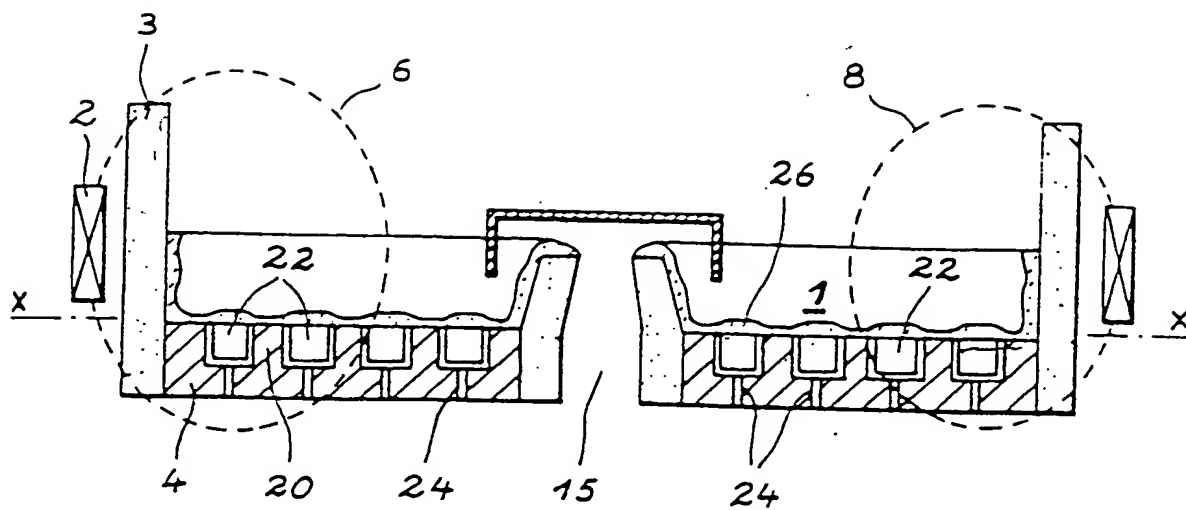


FIG. 1

FIG. 2





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No. PCT/FR 92/00199

## I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (If several classification symbols apply, indicate all) \*

According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC

Int. Cl.<sup>5</sup> C03B 5/02; C03B 5/12; C03B 5/26

## II. FIELDS SEARCHED

Minimum Documentation Searched \*

| Classification System | Classification Symbols                     |
|-----------------------|--|
| Int. Cl. <sup>5</sup> | C03B; F27B; F27D; H05B<br>G21F; C22B; A62D |

Int. Cl.<sup>5</sup>

C03B; F27B; F27D; H05B  
G21F; C22B; A62D

Documentation Searched other than Minimum Documentation  
to the extent that such Documents are included in the Fields Searched \*

## III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT \*

| Category * | Citation of Document, <sup>11</sup> with indication, where appropriate, of the relevant passages <sup>12</sup> | Relevant to Claim No. <sup>13</sup> |
|------------|--|-------------------------------------|
| A          | GB, A, 626972 (STEVENS) 25 July 1949<br>see the whole document   | 1                                   |
| A          | EP, A, 0265051 (SIMPENDORFER) 27 April 1988<br>see column 6, line 37 - line 49; figure 2                       | 1                                   |
| A          | US, A, 1603221 (THOMSON) 12 October 1926, see<br>page 1, line 65 - line 70; figure 1                           | 1                                   |
| A          | WO, A, 9009211 (MCNEILL) 23 August 1990, see<br>the whole document   | 1                                   |
| A          | EP, A, 0118580 (SORG) 19 September 1984<br>see the whole document  | 1,2                                 |
| A          | DE, A, 3724971 (NIPPON SHEET GLASS COMPANY)<br>4 February 1988, see the whole document                         | 3                                   |
| A          | FR, A, 2589228 (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE)<br>30 April 1987, see the whole document                    | 1,4                                 |
| A          | DE, A, 3824829 (SORG) 25 January 1990<br>see the whole document  | 1,2,4                               |

\* Special categories of cited documents: <sup>10</sup>

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"A" document member of the same patent family

## IV. CERTIFICATION

Date of the Actual Completion of the International Search

2 July 1992 (02.07.92)

Date of Mailing of this International Search Report

9 July 1992 (09.07.92)

International Searching Authority

European Patent Office

Signature of Authorized Officer

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT  
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO. FR 9200199  
SA 58592

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on  
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information. 02/07/92

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s)     | Publication<br>date  |
|---|---------------------|--------------------------------|----------------------|
| GB-A-626972                               |                     | FR-A- 937843<br>US-A- 2482299  |                      |
| EP-A-0265051                              | 27-04-88            | None                           |                      |
| US-A-1603221                              |                     | None                           |                      |
| WO-A-9009211                              | 23-08-90            | EP-A- 0480930<br>GB-A- 2228476 | 22-04-92<br>29-08-90 |
| EP-A-0118580                              | 19-09-84            | None                           |                      |
| DE-A-3724971                              | 04-02-88            | US-A- 4769059                  | 06-09-88             |
| FR-A-2589228                              | 30-04-87            | None                           |                      |
| DE-A-3824829                              | 25-01-90            | None                           |                      |

## RAPPORT RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR 92/00199

I. CLASSEMENT DE L'INVENTION (si plusieurs symboles de classification sont applicables, les indiquer tous) <sup>7</sup>

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

CIB 5 C0385/02; C0385/12; C0385/26

## II. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée<sup>8</sup>

Système de classification

Symboles de classification

CIB 5

C038 ;  
G21F ;F27B ;  
C22B ;F27D ;  
A62D

H05B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où de tels documents font partie des domaines sur lesquels la recherche a porté

III. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS<sup>10</sup>

| Catégorie <sup>9</sup> | Identification des documents cités, avec indication, si nécessaire, <sup>12</sup> des passages pertinents <sup>13</sup> | No. des revendications visées <sup>14</sup> |
|------------------------|---|---|
| A                      | GB,A,626 972 (STEVENS) 25 Juillet 1949<br>voir le document en entier<br>---   | 1   |
| A                      | EP,A,0 265 051 (SIMPENDORFER) 27 Avril 1988<br>voir colonne 6, ligne 37 - ligne 49; figure 2<br>---                     | 1   |
| A                      | US,A,1 603 221 (THOMSON) 12 Octobre 1926<br>voir page 1, ligne 65 - ligne 70; figure 1<br>---                           | 1   |
| A                      | WO,A,9 009 211 (MCNEILL) 23 Août 1990<br>voir le document en entier<br>---  | 1   |
| A                      | EP,A,0 118 580 (SORG) 19 Septembre 1984<br>voir le document en entier<br>---  | 1,2   |
| A                      | DE,A,3 724 971 (NIPPON SHEET GLASS COMPANY) 4<br>Février 1988<br>voir le document en entier<br>---                      | 3   |
|                        | ---<br>-/-  |   |

<sup>9</sup> Catégories spéciales de documents cités<sup>11</sup><sup>A</sup> document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent<sup>E</sup> document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date<sup>L</sup> document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)<sup>O</sup> document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens<sup>P</sup> document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée<sup>T</sup> document ultérieur publié postérieurement à la date de dépôt international ou à la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention<sup>X</sup> document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive<sup>Y</sup> document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier.<sup>Z</sup> document qui fait partie de la même famille de brevets

## IV. CERTIFICATION

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

02 JUILLET 1992

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

- 9. 07. 92

Administration chargée de la recherche internationale

OFFICE EUROPEEN DES BREVETS

Signature du fonctionnaire autorisé

VAN DEN BOSSCHE W.

III. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS <sup>14</sup>(SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDIQUEES SUR LA  
DEUXIEME FEUILLE)

| Catégorie * | Identification des documents cités, <sup>16</sup> avec indication, si nécessaire<br>des passages pertinents <sup>17</sup> | No. des revendications<br>visées <sup>18</sup> |
|-------------|---|--|
| A           | FR,A,2 589 228 (COMMISSARIAT A L'ENERGIE<br>ATOMIQUE) 30 Avril 1987<br>voir le document en entier<br>---                  | 1,4  |
| A           | DE,A,3 824 829 (SORG) 25 Janvier 1990<br>voir le document en entier<br>---  | 1,2,4  |

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE  
RELATIF A LA DEMANDE INTERNATIONALE NO.

FR 9200199  
SA 58592

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche internationale visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 02/07/92  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|---|------------------------|---|------------------------|
| GB-A-626972                                     |                        | FR-A- 937843<br>US-A- 2482299           |                        |
| EP-A-0265051                                    | 27-04-88               | Aucun                                   |                        |
| US-A-1603221                                    |                        | Aucun                                   |                        |
| WO-A-9009211                                    | 23-08-90               | EP-A- 0480930<br>GB-A- 2228476          | 22-04-92<br>29-08-90   |
| EP-A-0118580                                    | 19-09-84               | Aucun                                   |                        |
| DE-A-3724971                                    | 04-02-88               | US-A- 4769059                           | 06-09-88               |
| FR-A-2589228                                    | 30-04-87               | Aucun                                   |                        |
| DE-A-3824829                                    | 25-01-90               | Aucun                                   |                        |